

Capítulo 4: Pruebas Funcionales y de Campo

En el capítulo 2 se establece que el modelo de desarrollo e ingeniería de software que este proyecto sigue es el Modelo Lineal Secuencial, complementado por la metodología ISE (Ingeniería de Software Educativo) de Galvis. Ambos ciclos de trabajo establecen un periodo de pruebas en el cual se pone en tela de juicio la funcionalidad global de un sistema de software.

La prueba del software es un elemento crítico para la garantía de calidad del software y representa una revisión final de las especificaciones, del diseño, y de la codificación de los elementos que juntos componen la aplicación computacional.

En este capítulo se discuten las generalidades del proceso de pruebas que se incluye en el ciclo de vida de un proyecto de software, así como las pruebas específicas bajo las cuales se prueba la herramienta de software basada en ambientes virtuales que pretende ser utilizada como auxiliar en el tratamiento del trastorno de lateralidad y ubicación espacial.

1.1.Pruebas del Software

De acuerdo con Deutsch, el desarrollo de sistemas de software implica una serie de actividades de producción en las que las posibilidades de que aparezca el fallo humano son enormes. Los errores pueden empezar a darse desde el primer momento del proceso, en el que los objetivos pueden estar especificados de forma errónea o imperfecta. Debido a la imposibilidad humana de trabajar y comunicarse de forma perfecta, el desarrollo de software ha de ir acompañado de una actividad que garantice la calidad [DEU79].

De acuerdo con Pressman [PRR98], a nivel general la etapa de pruebas del software consiste en que el ingeniero de software crea una serie de casos de prueba que pretenden “demoler” el software construido. De hecho, la prueba es uno de los pasos de la ingeniería del software que se puede ver como destructivo en lugar de constructivo.

Myers [MYE79] establece tres normas que en un momento dado pueden servir atinadamente como objetivos de la prueba:

1. La prueba es un proceso de ejecución de un programa con la intención de descubrir un error.
2. Un buen caso de prueba es aquel que tiene una alta probabilidad de mostrar un error no descubierto hasta entonces.
3. Una prueba tiene éxito si descubre un error no detectado hasta entonces.

Es importante recalcar que de acuerdo a los tres objetivos anteriores, una prueba tiene éxito no cuando no descubre errores, sino cuando lo hace. El objetivo de un esquema de pruebas es diseñar pruebas que sistemáticamente saquen a la luz diferentes clases de errores, haciéndolo con la menor cantidad de tiempo y esfuerzo. Si la prueba se lleva a cabo con éxito, descubrirá errores en el software; la prueba demuestra hasta que punto las funciones del software parecen funcionar de acuerdo con las especificaciones y parecen alcanzarse los requisitos de rendimiento [PRR98].

Los datos que se van recogiendo a medida que se lleva a cabo la prueba proporcionan una buena indicación de la fiabilidad del software y, de alguna manera, indican la calidad del software como un todo. Sin embargo, y citando a Pressman, hay una cosa fundamental que una prueba no puede hacer:

“La prueba no puede asegurar la ausencia de defectos, sólo puede demostrar que existen defectos en el software.”

Antes de la aplicación de métodos para el diseño de casos de prueba efectivos, se deben entender los principios básicos que guían las pruebas del software. De acuerdo con Davis [DAV95] hay una serie de principios fundamentales de prueba. A continuación se enlistan algunos de estos principios, pero por fines prácticos solo se elabora en aquellos principios que se aplican al esquema de pruebas que se sigue para probar la aplicación de software basada en ambientes virtuales que este proyecto propone. Los principios de Davis son los siguientes:

- **A todas las pruebas se les debe poder hacer un seguimiento hasta los requisitos del cliente.** En el caso del proyecto propuesto por este estudio, la herramienta de software que pretende desarrollarse esta completamente aterrizada a un universo de aplicación muy específico, y es por esto que una parte sumamente importante del desarrollo de esta herramienta es estructurarla en base a los requerimientos funcionales y no funcionales que se obtienen a través de la colaboración y discusión con los usuarios finales. Como ya se mencionó anteriormente, este estudio cuenta con la participación de un terapeuta que proporciona estos requerimientos. Los requerimientos que fueron establecidos ya fueron previamente discutidos en el capítulo 2. Entonces, es importante realizar pruebas basadas en la lista de requerimientos con el fin de comprobar que la herramienta de software realmente satisface las especificaciones.
- **Las pruebas deben planificarse antes de realizarse.** La planificación de las pruebas puede empezarse tan pronto como esté completo el modelo de requerimientos. Desde el punto de vista de este proyecto, desde la parte de análisis y diseño se puede inferir que es necesario realizar pruebas tanto funcionales como de campo. Las pruebas funcionales pueden planearse en base a la premisa de desarrollo (ver sección 3.1.3.2), es decir, verificar el modelado de los mundos virtuales en VRML 2.0, probar la funcionalidad de los scripts de comportamiento programados ya sea en Java o JavaScript, y probar que las interfaces que se proponen puedan ser presentadas eficientemente a través de la plataforma del Web. Las pruebas de campo se realizan probando prototipos de la herramienta de software con grupos formados por los identificados como usuarios finales para obtener retroalimentación, y donde sea necesario, realizar correcciones y mejoras a la herramienta de software basada en ambientes virtuales.

Más adelante dentro de este capítulo se discuten más a detalle los procesos de pruebas funcionales y de campo que llevaron a cabo dentro de este proyecto.

1.1.1. Facilidad de prueba

Es importante que cuando se desarrolla o diseña un sistema de software se tenga en cuenta lo fácil o difícil que será probar el sistema. La facilidad de prueba del software es simplemente lo fácil que se puede probar un programa de computadora [PRR98].

En el caso de la herramienta computacional basada en ambientes virtuales que se desarrolla en el proyecto Realidad Virtual Aplicada al Tratamiento del Trastorno de Lateralidad y Ubicación Espacial, las pruebas pueden realizarse *fácilmente* en base a los tres siguientes aspectos propuestos por Pressman [PRR98]:

- **Observabilidad.** Lo que se ve, es lo que se prueba. En el caso de ambientes virtuales, pueden probarse las rutas de animación de ciertos objetos, los estados y transiciones de estados que pueden manifestarse dentro de los ambientes, si todos los factores que afectan un estado o resultado están visibles, y si un resultado incorrecto se identifica fácilmente.
- **Controlabilidad.** ¿Qué tan bien puede un usuario interactuar con el software? En vista de que los ambientes virtuales son sensibles a las acciones de los usuarios, es importante que los usuarios sean capaces de generar acciones fácilmente dentro de los mundos, y sin tener que operar una interfaz complicada. Puede probarse a través de las pruebas de campo la reacción de los usuarios finales con respecto a su desempeño dentro de los ambientes virtuales.
- **Capacidad de descomposición.** Se refiere a la modularidad de la herramienta de software. Como ya se mencionó anteriormente en el capítulo 3, a través del nodo Inline de la especificación de VRML 2.0, pueden modelarse los componentes por separado y luego invocarse desde un ambiente virtual que puede funcionar como contenedor. Si el sistema de software está construido por módulos independientes, entonces cada módulo puede modificarse y probarse independientemente, y de esta manera se reduce la complejidad de las pruebas al sistema completo.

1.2.Pruebas Funcionales

Dentro del campo de estudio de la Ingeniería de Software, se sugieren diversas metodologías de prueba que pueden incorporarse al ciclo de vida de un proyecto de desarrollo computacional.

De acuerdo con Pressman, las pruebas funcionales pueden realizarse en base a 2 enfoques principales [PRR98]:

- Prueba de caja blanca
- Prueba de caja negra

La prueba de caja blanca del software se basa en el minucioso examen de los detalles procedimentales. Se comprueban los caminos lógicos del software proponiendo casos de prueba que ejerciten conjuntos específicos de condiciones. Se puede examinar el estado del programa en varios puntos para determinar si el estado real coincide con el estado deseado o esperado. La prueba de caja blanca es un método de diseño de casos de prueba que usa la estructura de control del diseño procedimental para obtener los casos de prueba [PRR98].

Las pruebas de caja negra se centran en los requisitos funcionales del software, es decir, la prueba de caja negra permite obtener conjuntos de condiciones de entrada que ejerciten completamente todos los requisitos funcionales de un programa. La prueba de caja negra intenta encontrar errores de las siguientes categorías [PRR98]:

- Funciones incorrectas o ausentes
- Errores de interfaz
- Errores en estructuras de datos
- Errores de rendimiento
- Errores de inicialización y de terminación

A diferencia de la prueba de caja blanca, que se lleva a cabo previamente en el proceso de prueba, las pruebas de caja negra tienden a aplicarse durante fases posteriores del proceso de pruebas.

Dentro de este proyecto, los scripts que se programan para añadir comportamiento a los ambientes virtuales, realizan acciones muy directas y específicas que no generan árboles de decisión o un gran número de caminos lógicos posibles. El código se programa y compila con el fin de efectuar alguna animación o algún comportamiento que se aplica posteriormente a algún objeto localizado dentro del ambiente virtual. Debido a que las acciones son directas, y la computadora no tiene que generar varios estados de transición para ejecutar un script, puede decirse que las pruebas funcionales que se realizan dentro de este estudio no se requiere, estrictamente hablando, que sean pruebas complejas de caja blanca. Las pruebas caen sobre la clasificación de pruebas de caja negra dado que este tipo de pruebas se basan completamente en los requerimientos del sistema y, en vista de que este proyecto propone una herramienta computacional de aplicación, se debe tener completa certeza de que los requerimientos se satisfacen.

Tal y como se estableció previamente, las pruebas que conciernen a los aspectos funcionales de una herramienta de software basada en ambientes virtuales que puede utilizarse como auxiliar al tratamiento de lateralidad y ubicación espacial, pueden hacerse basadas en cuanto a la premisa de desarrollo que este proyecto propone.

1.2.1. Pruebas al Modelado de Ambientes Virtuales

Este proyecto utiliza VRML 2.0 para modelar objetos tridimensionales que se juntan para formar ambientes virtuales. Desde un punto de vista gráfico, VRML es un lenguaje de programación cuya función principal es la de proporcionar a un VRML browser los detalles descriptivos, del estado y comportamiento, de un objeto.

Es solamente lógico que las pruebas a los aspectos referentes al modelado de objetos y mundos virtuales en VRML 2.0 se hagan durante el mismo proceso de desarrollo, es decir, se describe un objeto, y se ve su resultado en el VRML browser. Si la apariencia o comportamiento del objeto no es el esperado, entonces se presenta un error que puede corregirse inmediatamente. Por medio de repetir este procedimiento se obtiene un ciclo constante de pruebas en el cual se llega al resultado esperado a través de codificación inicial, pruebas, y codificación correctiva.

En párrafos anteriores se comentó que la facilidad con la que puede probarse un sistema o aplicación de software es un aspecto muy importante que no debe pasarse por alto al momento de llevar a cabo las actividades de diseño del mismo. Es precisamente en la etapa de pruebas al modelado y descripción de objetos tridimensionales que se manifiestan los beneficios de programar modularmente y por separado los objetos, ya que de esta manera se pueden probar independientemente para que, una vez obtenido el resultado deseado, puedan incluirse o incorporarse a otros objetos para construir un mundo o escena virtual completo.

1.2.2. Pruebas a los Scripts de Comportamiento

El codificar un program script para VRML en algún lenguaje de programación de alto nivel implica que pueden generarse errores en la codificación del script, en el funcionamiento del script, y en la creación de circuitos (routing).

Los errores en la codificación del script pueden detectarse a través del compilador que se utiliza para traducir las instrucciones que el programador emplea por medio de un lenguaje de alto nivel, a lenguaje máquina. Las pruebas en esta etapa del desarrollo de un program script se hacen durante la codificación del mismo, ya que se compila una y otra vez hasta que no se presenten errores en la traducción al lenguaje que entiende la computadora. Es importante decir que el compilar exitosamente no quiere decir que no existen errores en el script, sino que simplemente se ha podido hacer una interpretación exitosa.

Cuando se programa un script en Java, por ejemplo, los errores de código los detecta el compilador que se utilice para convertir los archivos *.java a archivos *.class. En el caso de que se esté utilizando JavaScript para codificar un program script, entonces los errores de código los detectará el VRML browser, y los reportará al programador a través de la consola de comunicación con el usuario.

La funcionalidad de un program script puede probarse comparando el resultado que realmente se obtiene de aplicar el script a un objeto, con el resultado esperado. Si existe

una diferencia entre el resultado real, y el resultado esperado, entonces existe un error de funcionalidad. En caso de existir un error, entonces es necesario ajustar el script y probarlo nuevamente hasta que no exista ninguna diferencia entre el resultado real y el resultado esperado.

Todo programador conoce las ventajas que vienen con trabajar con un ambiente de desarrollo que facilite el proceso de generación de código. Estos ambientes o plataformas generalmente son editores que cuentan con herramientas funcionales que proporcionan al programador una interfaz amigable para realizar tareas específicas. En el caso de este proyecto, las plataformas o herramientas de desarrollo principales son:

- VtmlPad 2.0, software desarrollado por Parallel Graphics
- Java SDK 1.4, elaborado por Sun Microsystems.

El software VtmlPad 2.0 es un editor de VRML que permite estructurar la sintaxis de un archivo `.wrl` a través de ciertas herramientas que optimizan el proceso de programación. También cuenta con un depurador de scripts, que puede utilizarse para probar la funcionalidad de scripts desarrollados en VtmlScript y JavaScript. Este depurador no puede utilizarse para depurar scripts descritos en lenguajes más robustos como Java, o Delphi.

Java Software Development Kit, o Java SDK, es la plataforma tradicional que Sun Microsystems proporciona gratuitamente a los desarrolladores interesados para generar aplicaciones computacionales basadas en Java. En el Apéndice A anexo a este documento puede encontrarse el URL desde el cual puede obtenerse esta plataforma de desarrollo.

Al igual que las pruebas de funcionalidad de un program script, las pruebas en la generación de *routes* o circuitos se realizan paralelamente al proceso de desarrollo. Un error al crear un circuito puede darse ya sea por tratar de formar enlaces entre un `eventOut` y `eventIn` (ver capítulo 3) que manejan tipos de datos diferentes, o por tratar de formar una ruta entre 2 elementos del archivo `.wrl` de los cuales uno de los 2 (o los dos) no existe o no es reconocido por el VRML browser. Es importante que cada circuito se pruebe individualmente sobre el objeto que debe modificar el circuito, de

esta manera se facilita el proceso de pruebas y se respeta el aspecto de modularidad del desarrollo del software. Una vez que se tiene certeza de que el circuito funciona tal y como se desea, entonces el objeto al cual el script afecta puede incluirse dentro de una escena virtual contenedora.

La ventaja de utilizar VrmIPad 2.0 como ambiente de desarrollo para el Virtual Reality Modeling Language es que esta plataforma detecta cuando se presenta alguna incoherencia o anomalía en la declaración de un circuito, permitiendo así al programar el identificar los posibles errores sin la necesidad de planear casos de prueba extensos y complicados.

Una particularidad de un programa es el hecho de que tiene que operar con diferentes inputs (entradas) para producir alguna salida (outputs). Es dogmático que el software sea probado con una variedad de inputs diferentes para observar el comportamiento del software ante cada una de las entradas que pueda obtener, ya sea de un usuario, o de la interacción con alguna otra aplicación computacional. Cuando éste es el caso, se generan diversos caminos lógicos (o no tan lógicos) que crean una gran cantidad de estados posibles por los que puede pasar el software durante un ciclo de ejecución. Una vez que el ciclo de vida del proyecto llega a los desarrolladores en la etapa de pruebas, es imprescindible desarrollar los suficientes casos de prueba para que pueda evaluarse el desempeño del software en cada una de sus transiciones entre estados. En proyectos de software muy grandes, los estados y transiciones pueden ser muchas, lo que hace que la etapa de pruebas tenga que ser muy larga y exhaustiva. En el caso del estudio Realidad Virtual Aplicada al Tratamiento del Trastorno de Lateralidad y Ubicación espacial, los program scripts solo tienen una entrada posible, y solamente hay una salida correcta. Es por esto que no es necesario realizar pruebas que vayan más allá de proporcionar la entrada definida, esperando que el impacto de la entrada sobre la escena virtual sea el esperado. En ningún momento se generan árboles de decisión complejos ya que, a través del routing o creación de circuitos, se define *solamente* un camino que el VRML browser debe seguir.

En vista de que este estudio pretende desarrollar una aplicación computacional que busca tener aplicación inmediata, es sumamente importante el no solo hacer pruebas funcionales, sino también pruebas de campo que requieran de interacción directa entre

los ambientes virtuales y la población objetivo o usuarios finales. Las pruebas de campo que se llevaron a cabo se discuten en la siguiente sección.

1.3.Pruebas de Campo y Aplicativas

En el capítulo 2 se discuten las generalidades de la disciplina de la Ingeniería de Software y de los pasos necesarios que tienen que seguirse al apegarse a una de las tantas metodologías propuestas por diversos autores y analistas para garantizar el desarrollo de aplicaciones de software de calidad y con un tiempo de usabilidad largo.

A pesar de que existen varios modelos de trabajo a los cuales los desarrolladores de software pueden apegarse para generar aplicaciones computacionales, todos estos modelos tienen como una etapa común una pesquisa de requerimientos que sirven como lineamientos de lo que el software debe poder hacer, lo que no debe hacer, y de las restricciones globales a las que debe apegarse el proyecto de software [KII02]. Generalmente estos requerimientos se obtienen por medio de un trabajo conjunto entre los involucrados en el desarrollo del proyecto de software, y los interesados (usuarios finales) en el software mismo. Sin embargo, no debe de caerse en el error de obtener la lista inicial de requerimientos y después perder el contacto con los clientes o usuarios finales; por el contrario, es necesario que durante el ciclo de vida de un proceso de desarrollo de software se mantengan abiertas las vías de comunicación entre quienes desarrollan el software y quienes solicitan el desarrollo del mismo. Esto con el fin de tener una retroalimentación constante que impida que se pierdan de vista los objetivos iniciales que se fijan para el proyecto.

El proyecto Realidad Virtual Aplicada al Tratamiento del Trastorno de Lateralidad y Ubicación espacial contó desde un principio con apoyo externo proveniente de un terapeuta con experiencia en el tratamiento del trastorno en cuestión. Durante el ciclo de vida del desarrollo de este proyecto, se llevaron a cabo reuniones frecuentes con la Psicóloga Norma Rodríguez con el fin de ir mostrando prototipos sobre los cuales se determinaban posibles mejoras a elementos ya programados. Esta retroalimentación fue constante, y de esta manera se tuvo la certeza de que los objetivos generales y específicos se fueron cumpliendo paulatinamente.

En el capítulo 1, sección 1.2.3.1, se identifican los usuarios que interactuarán con la herramienta de software propuesta de este estudio. Se hace notar que los usuarios de esta herramienta no son solo terapeutas, sino también pacientes que padecen de alteraciones en la percepción de sus nociones básicas. Es por esto último que se vuelve sumamente necesario exponer a los *pacientes* a los ambientes virtuales dentro de los cuales se encuentra modelado el tratamiento a su padecimiento con el fin de obtener retroalimentación proveniente de la interacción entre el sistema y quienes realmente serán los beneficiados de los resultados que este proyecto de tesis produce. Esta retroalimentación se llevó a cabo por medio de pruebas de campo, que consistieron en seleccionar muestras poblacionales de usuarios potenciales para que interactuaran y, hasta cierto punto jugaran, con los ambientes virtuales.

Las pruebas de campo se llevaron a cabo con dos muestras poblacionales, la población 1 estuvo constituida por un grupo de niños sin trastornos neurofisiológicos, y la población 2 se conformó por niños que sí son padecientes del trastorno de lateralidad y ubicación espacial y que actualmente se encuentran bajo tratamiento tradicional impartido por la psicóloga Norma Rodríguez y sus colegas. Los resultados de las pruebas de campo con cada una de las poblaciones se presentan en la tabla 4.1 y en los reportes de prueba que presentan posteriormente dentro de esta sección.

La tabla 4.1 muestra los resultados e interpretaciones de las pruebas de campo que se llevaron a cabo con la primera población de sujetos que, como ya se mencionó antes, se conformó por niños no padecientes del trastorno de lateralidad y ubicación espacial. A cada uno de los sujetos de la población 1 les tomó 20 minutos promedio el completar las 4 actividades presentadas.

La tabla 4.1 presenta las observaciones generales que se obtuvieron de la interacción entre los sujetos de la población 1, y los ambientes virtuales dentro de los cuales se modela un tratamiento al trastorno de lateralidad y ubicación espacial. La columna de Experiencia Previa se refiere a si el sujeto tiene o ha tenido contacto con computadoras o videojuegos, esto con el fin de determinar la facilidad (a nivel control) con la que un niño puede operar la computadora donde se le presenten los mundos virtuales. Como se menciona anteriormente dentro de este estudio, el control de los mundos virtuales se hace a través de las flechas de izquierda, derecha, arriba, o abajo que se encuentran en el

teclado, y del mouse o ratón. Se asume que un niño que tiene experiencia utilizando computadoras o jugando videojuegos, cuyos controles son mucho más complejos que los necesarios para operar los ambientes virtuales propuestos por este proyecto, entonces no tendrá problema alguno para desenvolverse dentro de los ambientes virtuales. La columna de resultados se refiere a si el sujeto pudo (+) o no (-) resolver las actividades contenidas dentro de los ambientes virtuales.

En vista de que los sujetos de la población 1 son sujetos sin ninguna alteración neurofisiológica, a todos les resultó fácil resolver las actividades de tratamiento que se encuentran modeladas dentro de los ambientes virtuales; como puede verse en la tabla 4.1, los niños comentaron que les resultaba relativamente sencillo resolver los acertijos. La mayoría de los sujetos prefieren recibir las instrucciones en voz que por escrito, y se comprobó que a los niños les gusta interactuar con este tipo de aplicaciones computacionales.

Tabla 4.1 Pruebas de campo con la población 1

Nombre	Edad	Escolaridad	Exp. Previa	Resultados	Comentarios
José Miguel Aguilera	11	4to de Primaria	Si	+	-Instrucciones en voz -Más dificultad -Le gustan los ambientes virtuales - Más movimiento y actividad dentro de la ciudad
Samuel Vallejo Cáliz	10	5to Primaria	Si	+	-Instrucciones en voz -Le gusta la música de fondo -Más dificultad -Más ambientación orientada a niños
Luciano Pérez	9	3ro Primaria	Si	+	-Instrucciones por escrito -Más actividades -Le gustan los ambientes tal y como están
Alberto Argaiz	12	6to Primaria	Media	+	- Instrucciones en voz -Le gustan los ambientes

					-Le gusta música de fondo -Más dificultad
Carlos Alberto Bojalil	10	3ro Primaria	No	-	-Instrucciones en voz -Le gusta la música -Se le hace muy difícil
Rafael Espinosa Castañeda	10	4to Primaria	SI	+	-Instrucciones en voz -Le gusta la música -Le gustaría recibir menos ayuda -Le agradan los ambientes, pero le gustaría ver más movimiento.

Los resultados que se obtuvieron a través de las pruebas con la población 1 fueron tomados en cuenta para realizar modificaciones a la interfaz o apariencia de la herramienta de software en base a los comentarios que los niños hicieron. Estas pruebas fueron importantes para ver la respuesta de un niño ante mundos modelados en realidad virtual, esto con el fin de verificar si desde el punto de vista de la disposición y apertura por parte del usuario es viable utilizar la terapia de exposición utilizando realidad virtual para modelar dentro de entornos virtuales los tratamientos a los diferentes trastornos neurofisiológicos. Por lo determinado por estas pruebas, los resultados son favorables y positivos dentro de los fines del proyecto Realidad Virtual Aplicada al Trastorno de Lateralidad y Ubicación Espacial.

La tabla 4.2 presenta resultados porcentuales obtenidos de las pruebas de campo que se llevaron a cabo con la población 1. Estos valores fueron obtenidos en base a los comentarios que los usuarios hicieron con respecto a la herramienta de software que se les presentó.

Tabla 4.2 Resultados porcentuales de las pruebas de campo con la población 1

	Bien	Mal
Diseño Visual	83%	17%
Música	100%	0%
Control y desempeño	83%	17%
Calificación global	100%	0%

A pesar de que la muestra poblacional fue pequeña, es lo suficientemente válida como para mostrar las tendencias de los niños. En general todos se sintieron muy contentos con la herramienta de software basada en ambientes virtuales, e hicieron comentarios favorables con respecto a la interfaz con el usuario. El 100% de los niños con los que se formó la muestra 1 no han sido diagnosticados con algún trastorno neurofisiológico, pero en los resultados obtenidos en las pruebas de campo se observa que un 83% de los sujetos (5 de 6) pudieron resolver las pruebas sin problemas. Sin embargo, se dio el caso de un sujeto que manifestó serios problemas de orientación y de comprensión en cuanto a lo que tenía que hacer. Esto podría sugerir que en un momento dado la herramienta propuesta por el proyecto Realidad Virtual Aplicada al Trastorno de Lateralidad y Ubicación Espacial puede llegar a ser utilizada como auxiliar en el diagnóstico del trastorno de lateralidad, más esto no se discute ya que la herramienta propuesta por este estudio no pretende ser utilizada como metodología de diagnóstico.

Posteriormente, se realizaron pruebas de campo con la población 2, formada por niños que han sido diagnosticados como padecientes del trastorno de lateralidad y ubicación espacial, y que actualmente se encuentran bajo tratamiento tradicional de sus trastornos. Esta muestra poblacional fue proporcionada por la psicóloga Norma Rodríguez. Las pruebas de campo con la población 2 se llevaron a cabo en las instalaciones de la escuela en donde la psicóloga Rodríguez trabaja e imparte tratamiento a sus pacientes. A cada uno de los niños se le dio una breve explicación acerca de cómo controlar la computadora y los ambientes virtuales que se les presentaron, y posteriormente se les dejó que jugaran con el ambiente principal IntroCity para de esta manera fueran accediendo 4 actividades de tratamiento modeladas en VRML y complementadas por Java y JavaScript. Los resultados de las pruebas de campo con la población se presentan a continuación.

Tabla 4.3 Pruebas de campo con la población 2

Nombre	Pedro Santiago Parra
Edad	6 años
Escolaridad	1ro de Primaria
Tiempo	40 minutos
Comentarios	No ha tenido experiencia con computadoras, pero sin con videojuegos. Prefiere recibir las instrucciones en voz que por escrito. Al principio requirió de mucho ayuda pero fue mejorando su rendimiento conforme pasaba el tiempo. Algunas veces intentaba resolver las actividades al azar. Cree haber aprendido algo por medio de la interacción con los ambientes

	virtuales. Le agrada la apariencia de los entornos virtuales, y le gustaría mucho tener más contacto con el software en el futuro. Prefiere el tratamiento a través de ambientes virtuales que en libros e impresos.
--	--

Nombre	Uriel Pérez
Edad	7 años
Escolaridad	2do de Primaria
Tiempo	25 minutos
Comentarios	No ha tenido experiencia con computadoras y no sabe leer, por lo que se apoya totalmente en las instrucciones de voz. Puede distinguir bien entre derecha e izquierda, pero presenta problemas con arriba, abajo, y frente y fondo de la pantalla. Manifiesta mucho entusiasmo hacia los ambientes con los que esta interactuando y actividades que esta resolviendo. No le gusta la música de fondo, y le gustaría ver más objetos de color rojo. Le gustaría ver más animales dentro de los mundos. Siente que aprendió algo nuevo, y preferiría trabajar con los ambientes virtuales en el futuro en lugar de con los libros.

Nombre	Luis Gabriel
Edad	10 años
Escolaridad	5to de Primaria
Tiempo	20 minutos
Comentarios	No ha tenido experiencia con computadoras, sabe leer pero prefiere recibir las instrucciones por medio de voz que por escrito. Las actividades más básicas le resultan relativamente fáciles, y puede resolverlas sin problemas. Le gustan mucho los ambientes virtuales y la música de fondo. Tiene mucho sentido de la ubicación, y después de cierto tiempo pudo moverse dentro de los ambientes sin ningún problema. Cree que podría aprender mucho de este tipo de juego, y prefiere trabajar con ambientes virtuales que con libros y actividades plasmadas en papel.

Nombre	Joel Aguilar Domínguez
Edad	8 años
Escolaridad	1ro de Primaria
Tiempo	35 minutos
Comentarios	No ha tenido experiencia previa con computadoras. Sabe leer pero prefiere las instrucciones habladas. En general comenta que

	le gusta mucho lo que ve, y que le gusta completar las actividades que se le presentan, pero que le gustaría que los entornos virtuales fueran más parecidos a los videojuegos a los que se encuentra acostumbrado. Al principio requiere de guía e instrucción, pero poco a poco encuentra confianza por si mismo. No esta seguro de si realmente aprendería algo a través de interactuar con los ambientes virtuales, más prefiere trabajar en la computadora que con los impresos tradicionales.
--	---

Nombre	Anali Rodríguez
Edad	8 años
Escolaridad	2do de Primaria
Tiempo	40 minutos
Comentarios	No tiene experiencia con computadoras. Presenta problemas visuales y no entiende muy bien como operar el mouse. Manifiesta mucha desorientación con respecto al manejo de la computadora. No puede distinguir localizaciones especiales dentro de la pantalla de la computadora. Requiere de mucha ayuda para completar las cuatro actividades. Le gusta visualmente lo que, y le agrada la música. Siente que podría aprender mucho a través de operar los ambientes virtuales, y prefiere la metodología virtual sobre el tratamiento tradicional. Le gustaría ver algunas actividades que presentaran dinosaurios.

Nombre	Gilberto Hernández
Edad	12 años
Escolaridad	6to Primaria
Tiempo	20 minutos
Comentarios	No tiene experiencia con computadoras, pero si con los videojuegos. Prefiere las instrucciones escritas sobre las de voz. Le resulta fácil resolver las actividades. Visualmente le gusta el ambiente principal, pero le gustaría un poco mas de actividad y moviendo dentro la ciudad. Le gusta la música, y le gustarían mas actividades con animales dentro de los ambientes. Prefiere trabajar con ambientes virtuales que con impresos y libros. Cree que puede aprender muchas cosas a través de los ambientes y de las computadoras.

Nombre	Maria Elena Arredondo
Edad	9 años
Escolaridad	4to Primaria
Tiempo	30 minutos
Comentarios	No tiene experiencia con computadoras o con videojuegos. Prefiere las instrucciones en voz sobre las escritas. Le gustaría ver más actividades con animales, y que los cambios de colores de los objetos no solo fueran a verde. Al principio intenta resolver las actividades por medio de prueba y error, pero conforme pasa el tiempo empieza a seguir instrucciones y a trabajar en base a lo que se le pide. Le gustan los ambientes y la

	música, pero le gustaría que hubiera más señales dentro de la ciudad. Cree que aprende muchas cosas de los ambientes virtuales, y prefiere el tratamiento modelando en computadora sobre la metodología tradicional.
--	--

En lo que se reporta en las pruebas de campo que se llevaron a cabo con la población 2, puede observarse que a pesar de que los pacientes no tenían experiencia previa operando o trabajando con computadoras, todos coinciden en que prefieren trabajar con ambientes virtuales y con computadoras que con actividades presentadas en libros y otros impresos. El hecho de que el 100% de los pacientes no tengan experiencia operando ambientes virtuales o computadoras no es algo negativo; por el contrario, a los pacientes y terapeutas no solo se les proporciona una metodología de tratamiento que acarrea los beneficios de la Terapia de Exposición Utilizando Realidad Virtual, sino también se les da la oportunidad de empezar a formar un poco de cultura computacional que en estos tiempos se ha vuelto una necesidad para la formación educativa de todas las personas. La falta de experiencia computacional solamente implica que el periodo de adaptación es un poco más largo, pero nadie nace sabiendo y siempre es un buen momento para aprender.

El tiempo promedio que le tomó a cada sujeto de la población 2 completar las actividades que les fueron presentadas dentro de los ambientes virtuales es de 30 minutos, cantidad de tiempo que es en promedio 10 minutos más que a los sujetos de la población 1. Es importante ser reiterativo en el hecho de que los sujetos de la población 1 fueron niños que no han sido diagnosticados con ninguna clase de padecimiento neurofisiológico, y que los sujetos de la población 2 reciben tratamientos especiales. Otros factores, como posición socioeconómica, exposición a tecnología, y entorno social puede ser determinantes en los resultados de las pruebas, más el profundizar en alguno de estos aspectos está fuera del alcance de este proyecto.

Los niños mostraron mucha alegría y curiosidad hacia el nuevo prospecto de tratamiento que se les estaba presentando. El 100% de los niños establecieron que prefieren trabajar la computadora y con ambientes virtuales, que con la metodología tradicional a la que ha estado sujetos. La gran ventaja de esto es que los pacientes, al mostrar entusiasmo por interactuar con los ambientes virtuales, aumentan su apertura mental hacia recibir

un tratamiento correctivo de sus padecimientos, y con esto se agiliza el tratamiento en sí.

A los sujetos les gusta mucho la apariencia de los ambientes virtuales, más cabe mencionar que la imaginación de un niño no tiene límites, y por eso mismo hacen comentarios referentes a cosas que han visto en videojuegos o en la televisión y que les gustaría ver dentro de las escenas modeladas en VRML. Más muchas de estas sugerencias no son viables, o en un momento dado adecuadas para los fines de la herramienta de software que este proyecto propone.

También pudo observarse de las pruebas de campo que lo más cercano que los sujetos han visto a mundos virtuales son los tan populares videojuegos, que inmediatamente se relacionan con entretenimiento. Esto es muy positivo para los fines de este proyecto, ya que el tratamiento deja de ser una actividad molesta o monótona y se vuelve mucho más amigable y atractiva para los usuarios.

En el Apéndice D de este documento se presentan algunas fotografías de las pruebas de campo que se llevaron a cabo para el proyecto Realidad Virtual Aplicada al Tratamiento del Trastorno de Lateralidad y Ubicación Espacial.

Tanto las pruebas funcionales como de campo que se efectuaron dentro de este proyecto dieron buenos resultados. El haber mantenido un contacto con un terapeuta profesional sirvió como elemento de retroalimentación sobre el proceso de desarrollo de la herramienta de software propuesta por este estudio. Las pruebas de campo sacaron a la luz detalles funcionales que pueden ser mejorados en versiones posteriores del software desarrollado por este proyecto.

Las muestras poblacionales con las que se realizaron las pruebas son pequeñas, y por esto mismo no es apropiado sacar conclusiones precisas y exactas respecto al rango de aplicación que puede llegar a tener este proyecto. Si embargo, las pruebas de campo que se llevaron a cabo son suficientes para comprobar empíricamente que los objetivos de este proyecto se cumplen, y que los resultados de llevarlo a la práctica pueden ser realmente positivos. Además, las pruebas ilustraron reacciones y tendencias positivas provenientes de los mismos usuarios para los cuales se realizó este proyecto en primer

lugar, lo cual puede tomarse en cuenta como argumento a favor para futuras expansiones a este proyecto, o para otros proyectos que pretendan utilizar la Realidad Virtual como medio de tratamiento y enseñanza.

Tomando en cuenta la premisa de desarrollo tecnológico, la disponibilidad de las plataformas de desarrollo, las ventajas que ofrece la denominada Terapia de Exposición Utilizando Realidad Virtual, y después de realizar pruebas de campo en las que se observaron las reacciones de los usuarios identificados dentro de la población objetivo, puede concluirse que es viable y conveniente modelar el tratamiento al trastorno de lateralidad y ubicación espacial dentro de ambientes virtuales de aprendizaje.